

(19) 日本国特許庁 (J P)

(12) 公開特許公報 (A)

(11) 特許出願公開番号

特開2000-232259

(P2000-232259A)

(43) 公開日 平成12年8月22日 (2000.8.22)

(51) Int.Cl. <sup>7</sup>	識別記号	F I	テ-マ-ト* (参考)
H 0 1 S 5/343		H 0 1 S 3/18	6 7 7 5 F 0 4 1
H 0 1 L 33/00		H 0 1 L 33/00	C 5 F 0 7 3

審査請求 未請求 請求項の数15 O L (全 11 頁)

(21) 出願番号 特願平11-184136

(22) 出願日 平成11年6月29日 (1999.6.29)

(31) 優先権主張番号 特願平10-350238

(32) 優先日 平成10年12月9日 (1998.12.9)

(33) 優先権主張国 日本 (J P)

(71) 出願人 000001889

三洋電機株式会社

大阪府守口市京阪本通2丁目5番5号

(72) 発明者 林 伸彦

大阪府守口市京阪本通2丁目5番5号 三

洋電機株式会社内

(72) 発明者 狩野 隆司

大阪府守口市京阪本通2丁目5番5号 三

洋電機株式会社内

(74) 代理人 100111383

弁理士 芝野 正雅

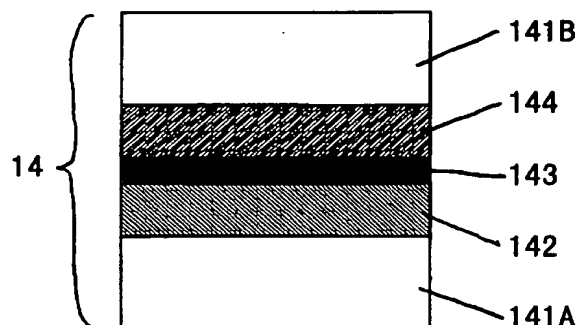
最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 発光素子及びその製造方法

(57) 【要約】

【課題】 発光層が量子井戸構造であっても、発光層中における I n、N 等の構成原子の脱離が抑制され、結晶性の劣化が少なく、発光効率の良い発光素子を提供する。

【解決手段】 井戸層 1 4 3 が下側に位置する第 1 バリア層 1 4 2 と上側に位置する第 2 バリア層 1 4 4 とにより挟まれ、井戸層 1 4 3 及び第 1、第 2 バリア層 1 4 2、1 4 4 が I n と N とを含有する発光層を有する発光素子において、第 1 バリア層 1 4 2 及び第 2 バリア層 1 4 4 は A 1 を含有し、第 1 バリア層 1 4 2 よりも第 2 バリア層 1 4 4 の方が A 1 の組成比が大きいかを特徴とする。



## 【特許請求の範囲】

【請求項 1】 井戸層が下側に位置する第 1 バリア層と上側に位置する第 2 バリア層とにより挟まれた構造の発光層を有し、前記井戸層及び第 1、第 2 バリア層が In と N とを含有する発光素子において、前記第 1 バリア層及び第 2 バリア層は A1 を含有し、前記第 1 バリア層よりも前記第 2 バリア層の方が A1 の組成比が大きいことを特徴とする発光素子。

【請求項 2】 前記発光層は複数の井戸層を有し、該複数の井戸層のうち一組の井戸層の間に形成されたバリア層が、下側から順に第 2 バリア層、第 1 バリア層が積層された構造であることを特徴とする請求項 1 記載の発光素子。

【請求項 3】 前記第 1 バリア層よりも前記第 2 バリア層の厚みを薄くしたことを特徴とする請求項 1 又は 2 記載の発光素子。

【請求項 4】 前記第 1 バリア層の厚みが前記井戸層の厚みの 1～4 倍であることを特徴とする請求項 3 記載の発光素子。

【請求項 5】 前記井戸層が A1 を含有していないことを特徴とする請求項 1、2、3 又は 4 記載の発光素子。

【請求項 6】 前記井戸層及び前記第 1、第 2 バリア層が In、Ga、N を有することを特徴とする請求項 1、2、3、4 又は 5 記載の発光素子。

【請求項 7】 基板上に In と A1 と N とを含有する第 1 バリア層を形成し、該第 1 バリア層上に In と N とを含有する井戸層を形成し、該井戸層上に In と A1 と N とを含有し、A1 の組成比が前記第 1 バリア層より大きい第 2 バリア層を形成することにより、前記第 1、第 2 バリア層及び前記井戸層からなる発光層を形成すること 30 を特徴とする発光素子の製造方法。

【請求項 8】 井戸層が下側に位置する第 1 バリア層と上側に位置する第 2 バリア層とにより挟まれた構造の発光層を有し、前記井戸層及び第 1、第 2 バリア層が In と N とを含有する発光素子において、前記第 1 バリア層及び第 2 バリア層は B を含有し、前記第 1 バリア層よりも前記第 2 バリア層の方が B の組成比が大きいことを特徴とする発光素子。

【請求項 9】 前記発光層は複数の井戸層を有し、該複数の井戸層のうち一組の井戸層の間に形成されたバリア層が、下側から順に第 2 バリア層、第 1 バリア層が積層された構造であることを特徴とする請求項 8 記載の発光素子。

【請求項 10】 前記第 1 バリア層よりも前記第 2 バリア層の厚みを薄くしたことを特徴とする請求項 8 又は 9 記載の発光素子。

【請求項 11】 前記第 1 バリア層の厚みが前記井戸層の厚みの 1～4 倍であることを特徴とする請求項 10 記載の発光素子。

【請求項 12】 前記井戸層が B を含有していないこと 50

を特徴とする請求項 8、9、10 又は 11 記載の発光素子。

【請求項 13】 前記井戸層及び前記第 1、第 2 バリア層が In、Ga、N を有することを特徴とする請求項 8、9、10、11 又は 12 記載の発光素子。

【請求項 14】 基板上に In と B と N とを含有する第 1 バリア層を形成し、該第 1 バリア層上に In と N とを含有する井戸層を形成し、該井戸層上に In と B と N とを含有し、B の組成比が前記第 1 バリア層より大きい第 2 バリア層を形成することにより、前記第 1、第 2 バリア層及び前記井戸層からなる発光層を形成することを特徴とする発光素子の製造方法。

【請求項 15】 発光層が n 型半導体層と p 型半導体層との間に形成され、前記発光層が、井戸層と、前記井戸層よりも前記 n 型半導体層側に位置する第 1 バリア層と、前記井戸層よりも前記 p 型半導体層側に位置する第 2 バリア層とを有し、前記井戸層及び第 1、第 2 バリア層が In と N とを含有する発光素子において、前記第 1 バリア層及び第 2 バリア層は A1 或いは B を含有し、前記第 1 バリア層よりも前記第 2 バリア層の方が前記 A1 或いは B の組成比が大きいことを特徴とする発光素子。

## 【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】本発明は半導体レーザ、発光ダイオード等の発光素子及びその製造方法に関する。

【0002】

【従来の技術】近年、高密度・大容量の光ディスクシステムに用いられる記録或いは再生用の光源として、青色又は紫色の光を発する GaN 系半導体レーザ素子の研究開発が行われている。

【0003】この GaN 系半導体レーザ素子や GaN 系発光ダイオードでは、InGa<sub>x</sub>N<sub>1-x</sub>を発光層として用いているが、InGa<sub>x</sub>N<sub>1-x</sub>は結晶成長すると、成長後に InGa<sub>x</sub>N<sub>1-x</sub>を構成する原子、特に In 及び N が脱離するため、発光層の結晶性が低下し、発光効率が低下するという問題がある。

【0004】また、InGa<sub>x</sub>N<sub>1-x</sub>からなる発光層を成長した後に、AlGa<sub>x</sub>N<sub>1-x</sub>からなるキャップ層を形成した半導体レーザが提案されている。この構造の半導体レーザでは、発光層を形成した後においては、発光層はその上に形成されるキャップ層により In、N 等の構成原子の脱離は抑えられる。

【0005】しかしながら、この AlGa<sub>x</sub>N<sub>1-x</sub>のキャップ層を用いた構成のものにおいても、発光層が量子井戸構造の場合、発光層を成長した後の発光層表面からの In、N 等の構成原子の脱離は抑えることは出来るが、量子井戸構造の発光層を形成している際、例えばバリア層を形成している際に、その前に形成した井戸層から構成原子が脱離するため、発光層中の In、N 等の構成原子の脱離を十分に抑えることは出来ないという問題があ

る。

【0006】また、発光層が量子井戸構造のものにおいて、バリア層にA1やBを含有させた発光素子が、例えば特開平10-294529号公報等に表示されている。

【0007】この公報の構造のものでは、バリア層にIn及びNとの結合力が強いA1やBが含有されているため、井戸層を形成した後、バリア層を形成する際に、井戸層からInやN等の構成原子が脱離することは防止される。

【0008】しかしながら、上記公報の構造のものにおいても、井戸層からのInやN等の構成原子の脱離を十分に防止するために、バリア層のA1やBの組成を多くした場合、井戸層とバリア層との格子定数の差が大きくなり、バリア層上に形成される井戸層の結晶性が悪くなるという問題がある。

【0009】また、井戸層に、バリア層と同程度にA1やBを含有させることにより、上述の格子定数の差による問題は解消するが、この場合、井戸層でのキャリアの再結合は減少し、発光効率が悪化するという問題がある。

【0010】また、従来の発光素子では、発光層にInが含有されているため、発光層の格子定数が大きくなり、ピエゾ効果により、発光層のエネルギーバンドの構造が歪み、発光層に注入された電子が井戸層で再結合せずに、p型の半導体層側に漏れやすくなるという問題がある。

【0011】

【発明が解決しようとする課題】本発明は上記従来例の欠点に鑑み為されたものであり、量子井戸構造の発光層を有する発光素子において、発光層からIn、N等の構成原子の脱離を抑え、しかも井戸層の結晶性が悪化することを抑え、しかも良好な発光が可能な発光素子及びその製造方法を提供することを目的とするものである。

【0012】また、本発明は、発光層に注入された電子がp型の半導体層側に漏れることを抑制した発光素子を提供することを目的とするものである。

【0013】

【課題を解決するための手段】本発明の第1の発光素子は、井戸層が下側に位置する第1バリア層と上側に位置する第2バリア層とにより挟まれた構造の発光層を有し、井戸層及び第1、第2バリア層がInとNとを含有する発光素子において、第1バリア層及び第2バリア層はA1を含有し、第1バリア層よりも第2バリア層の方がA1の組成比が大きいことを特徴とする。

【0014】このような第1の発光素子の構成では、発光層中にIn及びNとの結合力が強いA1を含有する第1、第2バリア層が存在するため、発光層中におけるIn及びNの脱離が防止される。

【0015】具体的には、第1バリア層がA1を含有することにより、第1バリア層自体からのIn、N等の構

成原子の脱離が抑制され、第1バリア層自体の結晶性の劣化が抑えられ、それに伴い、その上に形成される井戸層の結晶性の劣化も抑えられる。

【0016】また、第2バリア層がA1を含有することにより、井戸層上に形成される第2バリア層がIn、N等の構成原子の脱離が抑制された層となるため、井戸層からIn、N等の構成原子が第2バリア層を通して脱離することが抑えられる。

【0017】また、第1バリア層よりも第2バリア層の方がA1の組成比が大きいため、井戸層からIn、N等の構成原子が第2バリア層を通して脱離することが一層抑制される。

【0018】しかも、井戸層の下地となる第1バリア層は、第2バリア層に比べA1の組成比が小さいため、井戸層にA1を多く含有させること無しに、井戸層と第1バリア層との格子定数の差を小さくすることが出来、井戸層の結晶性の悪化は抑えられる。

【0019】また、上述の第1の発光素子では、発光層の下側の半導体層がn型半導体層で、発光層の上側の半導体層がp型半導体層である場合、井戸層のp型半導体層側に第2バリア層が位置する。第2バリア層はA1を含有するためバンドギャップが大きくなる。このため、電子が井戸層から障壁層を乗り越えて、p型半導体層側に漏れることが、第2バリア層により抑制される。

【0020】また、本発明の第1の発光素子では、発光層は、複数の井戸層を有し、複数の井戸層のうち一組の井戸層の間に形成されたバリア層が、基板側から順に第2バリア層、第1バリア層が積層された構造である。

【0021】この場合、発光層が複数の井戸層を有する場合であっても、井戸層の基板側には第1バリア層が存在し、井戸層の基板と反対側には第2バリア層が存在する。このため、発光層が多重量子井戸構造であっても、井戸層はA1の組成比が小さい第1バリア層上に形成される。

【0022】また、本発明の第1の発光素子では、第1バリア層よりも第2バリア層の厚みを薄くすることにより、第2バリア層のA1組成比は比較的自由に設定でき、第1バリア層と第2バリア層との厚みが等しい場合に比べ、第2バリア層のA1組成比を大きくすることが出来、井戸層からIn、N等の構成原子が第2バリア層を通して脱離することが一層抑制される。

【0023】また、本発明の第1の発光素子では、第1バリア層の厚みが井戸層の厚みの1〜4倍であれば、A1組成の少ない第1バリア層により十分な障壁作用が得られ、その分、第2バリア層の厚みを薄くすることが出来、第2バリア層のA1組成を増加させることが可能となる。

【0024】また、本発明の第1の発光素子では、井戸層がA1を含有していないため、井戸層は間接遷移型とはならず、キャリアの再結合は減少せず、発光効率は良

好な状態を保つ。

【0025】また、本発明の第1の発光素子では、井戸層及び第1、第2バリア層がIn、Ga、Nを有するため、発光層から青色又は紫色の光が効率良く発光する。

【0026】また、本発明の第1の発光素子の製造方法は、基板上にInとAlとNとを含有する第1バリア層を形成し、該第1バリア層上にInとNとを含有する井戸層を形成し、該井戸層上にInとAlとNとを含有する第2バリア層を形成することにより、第1、第2バリア層及び井戸層からなる発光層を形成することを特徴とする。

【0027】このような製造方法では、発光層中にIn及びNとの結合力が強いAlを含有する層が存在するため、発光層中におけるIn及びNの脱離が防止される。

【0028】具体的には、第1バリア層がAlを含有するため、井戸層を形成している際に、第1バリア層自体からIn、N等の構成原子が脱離することが抑制され、第1バリア層自体の結晶性の劣化が抑えられ、それに伴い、その上に形成される井戸層の結晶性の劣化も抑えられる。

【0029】また、第2バリア層がAlを含有するため、井戸層上に形成される第2バリア層がIn、N等の構成原子の脱離が抑制された層となるため、第2バリア層を形成している際に、井戸層からIn、N等の構成原子が第2バリア層を通過して脱離することが抑えられる。

【0030】また、第1バリア層よりも第2バリア層の方がAlの組成比が大きいため、井戸層からIn、N等の構成原子が第2バリア層を通過して脱離することが一層抑制される。

【0031】しかも、井戸層の下地となる第1バリア層は、第2バリア層に比べAlの組成比が小さいため、井戸層にAlを多く含有させること無しに、井戸層と第1バリア層との格子定数の差を小さくすることが出来、第1バリア層上に形成される井戸層の結晶性の悪化は抑えられる。

【0032】本発明の第2の発光素子は、井戸層が下側に位置する第1バリア層と上側に位置する第2バリア層とにより挟まれた構造の発光層を有し、井戸層及び第1、第2バリア層がInとNとを含有する発光素子において、第1バリア層及び第2バリア層はBを含有し、第1バリア層よりも第2バリア層の方がBの組成比が大きいことを特徴とする。

【0033】このような第2の発光素子の構成では、発光層中にIn及びNとの結合力が強いBを含有する第1、第2バリア層が存在するため、発光層中におけるIn及びNの脱離が防止される。

【0034】具体的には、第1バリア層がBを含有することにより、第1バリア層自体からのIn、N等の構成原子の脱離が抑制され、第1バリア層自体の結晶性の劣化が抑えられ、それに伴い、その上に形成される井戸層

の結晶性の劣化も抑えられる。

【0035】また、第2バリア層がBを含有することにより、井戸層上に形成される第2バリア層がIn、N等の構成原子の脱離が抑制された層となるため、井戸層からIn、N等の構成原子が第2バリア層を通過して脱離することが抑えられる。

【0036】また、第1バリア層よりも第2バリア層の方がBの組成比が大きいため、井戸層からIn、N等の構成原子が第2バリア層を通過して脱離することが一層抑制される。

【0037】しかも、井戸層の下地となる第1バリア層は、第2バリア層に比べBの組成比が小さいため、井戸層にBを多く含有させること無しに、井戸層と第1バリア層との格子定数の差を小さくすることが出来、井戸層の結晶性の悪化は抑えられる。

【0038】また、BとNとの結合力はAlとNとの結合力よりも強いため、上述した第1、第2バリア層及び井戸層からのIn、N等の構成原子の脱離防止は、上記第1の発光素子よりも効果的である。

【0039】また、上述の第2の発光素子では、発光層の下側の半導体層がn型半導体層で、発光層の上側の半導体層がp型半導体層である場合、井戸層のp型半導体層側に第2バリア層が位置する。第2バリア層はBを含有するためバンドギャップが大きくなる。このため、電子が井戸層から障壁層を乗り越えて、p型半導体層側に漏れることが、第2バリア層により抑制される。

【0040】また、本発明の第2の発光素子では、発光層は、複数の井戸層を有し、複数の井戸層のうち組の井戸層の間に形成されたバリア層が、基板側から順に第2バリア層、第1バリア層が積層された構造である。

【0041】この場合、発光層が複数の井戸層を有する場合であっても、井戸層の基板側には第1バリア層が存在し、井戸層の基板と反対側には第2バリア層が存在する。このため、発光層が多重量子井戸構造であっても、井戸層はBの組成比が小さい第1バリア層上に形成される。

【0042】また、本発明の第2の発光素子では、第1バリア層よりも第2バリア層の厚みを薄くすることにより、第2バリア層のB組成比は比較的自由に設定でき、第1バリア層と第2バリア層との厚みが等しい場合に比べ、第2バリア層のB組成比を大きくすることが出来、井戸層からIn、N等の構成原子が第2バリア層を通過して脱離することが一層抑制される。

【0043】また、本発明の第2の発光素子では、第1バリア層の厚みが井戸層の厚みの1～4倍であれば、B組成の少ない第1バリア層により十分な障壁作用が得られ、その分、第2バリア層の厚みを薄くすることが出来、第2バリア層のB組成を増加させることが可能となる。

【0044】また、本発明の第2の発光素子では、井戸

層がBを含有していないため、井戸層は間接遷移型とはならず、キャリアの再結合は減少せず、発光効率良好な状態を保つ。

【0045】また、本発明の第2の発光素子では、井戸層及び第1、第2バリア層がIn、Ga、Nを有するため、発光層から青色又は紫色の光が効率良く発光する。

【0046】また、本発明の第2の発光素子の製造方法は、基板上にInとBとNとを含有する第1バリア層を形成し、該第1バリア層上にInとNとを含有する井戸層を形成し、該井戸層上にInとBとNとを含有する第2バリア層を形成することにより、第1、第2バリア層及び井戸層からなる発光層を形成することを特徴とする。

【0047】このような製造方法では、発光層中にIn及びNとの結合力が強いBを含有する層が存在するため、発光層中におけるIn及びNの脱離が防止される。

【0048】具体的には、第1バリア層がBを含有するため、井戸層を形成している際に、第1バリア層自体からIn、N等の構成原子が脱離することが抑制され、第1バリア層自体の結晶性の劣化が抑えられ、それに伴い、その上に形成される井戸層の結晶性の劣化も抑えられる。

【0049】また、第2バリア層がBを含有するため、井戸層上に形成される第2バリア層がIn、N等の構成原子の脱離が抑制された層となるため、第2バリア層を形成している際に、井戸層からIn、N等の構成原子が第2バリア層を通して脱離することが抑えられる。

【0050】また、第1バリア層よりも第2バリア層の方がBの組成比が大きいため、井戸層からIn、N等の構成原子が第2バリア層を通して脱離することが一層抑制される。

【0051】しかも、井戸層の下地となる第1バリア層は、第2バリア層に比べBの組成比が小さいため、井戸層にBを多く含有させること無しに、井戸層と第1バリア層との格子定数の差を小さくすることが出来、第1バリア層上に形成される井戸層の結晶性の悪化は抑えられる。

【0052】また、BとNとの結合力はAlとNとの結合力よりも強いため、上述した第1、第2バリア層及び井戸層からのIn、N等の構成原子の脱離防止は、上述の第1の発光素子の製造方法よりも効果的である。

【0053】また、本発明の第3の発光素子は、発光層がn型半導体層とp型半導体層との間に形成され、発光層が、井戸層と、井戸層よりも前記n型半導体層側に位置する第1バリア層と、井戸層よりもp型半導体層側に位置する第2バリア層とを有し、井戸層及び第1、第2バリア層がInとNとを含有する発光素子において、第1バリア層及び第2バリア層はAl或いはBを含有し、第1バリア層よりも第2バリア層の方がAl或いはBの組成比が大きいかを特徴とする。

【0054】このような第3の発光素子の構成では、井戸層よりもp型半導体層側に位置する第2バリア層のバンドギャップが大きくなるので、電子が井戸層から障壁層を乗り越えて、p型半導体層側に漏れることが、第2バリア層により抑制される。

【0055】

【発明の実施の形態】以下、図面を参照しつつ本発明の実施の形態について詳細に説明する。

【0056】図1は本発明の実施の形態である第1実施例の半導体レーザ装置の構成を示す断面図である。

【0057】この第1実施例の半導体レーザ装置は、リッジ導波型の半導体レーザ装置であり、サファイア基板1のc面上に、MOCVD法により、アンドープのi-Al<sub>0.1</sub>Ga<sub>0.9</sub>Nからなる厚さ300Åのパッファ層2、厚さ2μmのアンドープのi-GaN層3、厚さ3μmのSiドープのn-GaN層4、Siドープのn-In<sub>0.1</sub>Ga<sub>0.9</sub>Nからなる厚さ0.1μmのn-クラッド防止層5、Siドープのn-Al<sub>0.1</sub>Ga<sub>0.9</sub>Nからなる厚さ0.7μmのn-クラッド層6、後述する量子井戸構造の発光層14、Mgドープのp-Al<sub>0.1</sub>Ga<sub>0.9</sub>Nからなる厚さ0.7μmのp-クラッド層8、Mgドープのp-GaNからなる厚さ0.2μmのp-コンタクト層9が順に積層された半導体ウエハにより構成されている。この半導体ウエハには、反応性イオンエッチング又は反応性イオンビームエッチングによりp-クラッド層8の所定の深さまで除去されてストライプ状のリッジ部10が形成され、同様のエッチングによりn-GaN層4の所定の深さまで除去されて電極形成面11が形成されている。リッジ部10の両側面、p-クラッド層8の平坦面、p-クラッド層8の側面からn-クラッド層4の側面、及びn-クラッド層4の電極形成面のうち実際に電極が形成される部分を除いた部分にはSiO<sub>2</sub>等よりなる絶縁膜12が形成され、p-コンタクト層9の上面にはp-電極131が形成され、n-クラッド層4の電極形成面11にはn-電極132が形成されている。

【0058】図2はこの第1実施例の半導体レーザ装置における発光層14の構造を示す断面図、図3は発光層14のエネルギーバンドを示す図であり、下側（サファイア基板1側）より順にSiドープのn-GaNからなる厚さ0.1μmの第1ガイド層141A、Siドープのn-In<sub>0.1</sub>Ga<sub>0.9</sub>Al<sub>0.1</sub>Nからなる厚さ3nmの第1バリア層142、Siドープのn-In<sub>0.1</sub>Ga<sub>0.9</sub>Nからなる厚さ3nmの井戸層143、Siドープのn-In<sub>0.1</sub>Ga<sub>0.9</sub>Al<sub>0.1</sub>Nからなる厚さ3nmの第2バリア層144、Mgドープのp-GaNからなる厚さ0.1μmの第2ガイド層141Bが順に積層された井戸層の数が1である量子井戸構造である。

【0059】このような構造の発光層14では、井戸層143はAlを含有するバリア層142、144により

挟まれており、このようなA1を含有するバリア層142、144では、A1はIn及びNとの結合力が強いため、In及びNはバリア層142、144から脱離し難い。即ち、井戸層73上には直ぐにA1を含有し、In、N等の構成原子が脱離し難いバリア層144が形成されるため、井戸層143からIn、N等の構成原子がバリア層144を通して脱離することが抑制される。また、井戸層143の下側のバリア層142もIn、N等の構成原子が脱離し難く、結晶性の劣化が抑えられるため、その上に形成される井戸層143の結晶性の劣化も抑制される。

【0060】また、この第1実施例の場合、井戸層143の上面に形成される第2バリア層144の方が井戸層143の下面側の第1バリア層142よりもA1の組成比が大きくなっており、第2バリア層144からのIn、N等の構成原子の脱離が一層抑えられているため、井戸層143からIn、N等の構成原子が第2バリア層144を通して脱離することが一層抑制される。

【0061】しかも、井戸層143の下地となる第1バリア層142は、第2バリア層144よりも、Bの組成比が小さく、その上に形成される井戸層143との格子定数の差も小さくなり、井戸層143の結晶性の悪化は抑えられる。

【0062】また、井戸層143よりもp-クラッド層8側の第2バリア層144がA1を含有するため、図3に示すように、バンドギャップが大きくなる。このため、井戸層143に注入された電子が第2バリア層144を乗り越えて、p-クラッド層8側の漏れることが抑制される。

【0063】また、発光層7の井戸層の数は複数でもよく、例えば井戸層の数が3である第2実施例の場合、発光層7は図4の断面図及び図5のエネルギーバンドを示す図に示すように、下側（サファイア基板1側）より、第1ガイド層141A、第1バリア層142a、井戸層143a、第2バリア層144a、第1バリア層142b、井戸層143b、第2バリア層144b、第1バリア層142c、井戸層143c、第2バリア層144c、及び第2ガイド層141Bが順に積層形成された構成である。尚、第1バリア層142a、142b、142cはSiドープの $n\text{-In}_{0.05}\text{Ga}_{0.95}\text{Al}_{0.05}\text{N}$ からなる厚さ3nmの層であり、井戸層143a、143b、143cはSiドープの $n\text{-In}_{0.1}\text{Ga}_{0.9}\text{N}$ からなる厚さ3nmの層、第2バリア層144a、144b、144cはSiドープの $n\text{-In}_{0.05}\text{Ga}_{0.95}\text{Al}_{0.05}\text{N}$ からなる厚さ3nmの層である。

【0064】この第2実施例の場合においても、全ての井戸層143a、143b、143cが、A1を含有するバリア層により挟まれているので、第1実施例と同様に、各井戸層143a、143b、143cは、In、N等の構成原子が第2バリア層を通して脱離することは

抑制され、しかも結晶性の劣化も抑えられる。

【0065】また、井戸層143aと井戸層143bの間、及び井戸層143bと井戸層143cの間のバリア層は夫々、下側から第2バリア層144a、第1バリア層142bの2層構造、下側から第2バリア層144b、第1バリア層142cの2層構造により構成されている。このため、全ての井戸層143a、143b、143cが、井戸層の上面に形成される第2バリア層の方が井戸層の下面側の第1バリア層よりもA1の組成比が大きくなっており、全ての井戸層143a、143b、143cにおいてIn、N等の構成原子が第2バリア層を通して脱離することが一層抑制される。

【0066】しかも、井戸層143a、143b、143cの下地となる第1バリア層142a、142b、142cは、第2バリア層144a、144b、144cよりも、A1の組成比が小さいため、その上に形成される井戸層143a、143b、143cとの格子定数の差は小さく、井戸層143a、143b、143cの結晶性の悪化は抑えられる。

【0067】また、井戸層143aよりもp-クラッド層8側の第2バリア層144a、井戸層143bよりもp-クラッド層8側の第2バリア層144b、井戸層143cよりもp-クラッド層8側の第2バリア層144cが夫々A1を含有するため、図5に示すように、バンドギャップが大きくなる。このため、井戸層143a、143b、143cに注入された電子が第2バリア層144a、144b、144cを乗り越えて、p-クラッド層8側の漏れることが抑制される。

【0068】尚、上述の第1、第2実施例において、第1、第2バリア層のA1の組成比を大きくすれば、第1、第2バリア層からのIn、Nの脱離は一層抑制されるが、発光層中のA1の組成比は大きくなり過ぎると、発光層の屈折率が小さくなり過ぎて、レーザ発振に必要な光閉じ込め作用が得られなくなるため、バリア層のA1組成比はクラッド層の屈折率及び発光層の各層の厚みを考慮して設定する必要がある。また、井戸層の厚みは1~15nmに設定すればよく、光ガイド層と井戸層との間の第1バリア層或いは第2バリア層、及び各井戸層間の第1、第2バリア層の合計の厚みは、井戸層の1~5倍程度に設定すればよい。

【0069】また、上述の第2実施例の半導体レーザ装置では、第1バリア層142a、142b、142cと第2バリア層144a、144b、144cとの厚みが等しい場合であるが、両者の厚みを異なるように構成しても良い。

【0070】例えば、この両者の厚みが異なる第3実施例の半導体レーザ装置の場合、図6の断面図及び図7のエネルギーバンドを示す図に示すように、下側（サファイア基板1側）より、第1ガイド層141A、第2バリア層144、第1バリア層142a、井戸層143a、

第2バリア層144a、第1バリア層142b、井戸層143b、第2バリア層144b、第1バリア層142c、井戸層143c、第2バリア層144c、第1バリア層142、及び第2ガイド層141Bが順に積層形成された構成である。尚、第1バリア層142a、142b、142cはSiドープの $n\text{-In}_{0.05}\text{Ga}_{0.95}\text{Al}_{0.05}\text{N}$ からなる厚さ5nmの層であり、井戸層143a、143b、143cはSiドープの $n\text{-In}_{0.05}\text{Ga}_{0.95}\text{Al}_{0.05}\text{N}$ からなる厚さ3nmの層、第2バリア層144、第2バリア層144a、144b、144cはSiドープの $n\text{-In}_{0.05}\text{Ga}_{0.95}\text{Al}_{0.05}\text{N}$ からなる厚さ1nmの層である。

【0071】この第3実施例の場合、井戸層143a、143b、143cの上面に接する第2バリア層144a、144b、144cの方が、井戸層143a、143b、143cの下面に接する第1バリア層142a、142b、142cよりも厚みを薄くし、第1バリア層と第2バリア層との合計の厚みが、上述の第2実施例の場合と同じになるように構成されている。即ち、この構成では、井戸層143a、143b、143cの上面に接する第2バリア層144a、144b、144cの厚みが薄くなるため、該第2バリア層144a、144b、144cにおけるAlの組成比を0.10と大きくすることが可能となり、更に一層、第2バリア層144a、144b、144cからの構成原子の脱離を抑制することが出来、井戸層のIn、N等の構成原子が第2バリア層を通して脱離することが一層抑制される。

【0072】しかも、井戸層143a、143b、143cの下地となる第1バリア層142a、142b、142cは、第2バリア層144a、144b、144cよりも、Alの組成比が小さいため、その上に形成される井戸層143a、143b、143cとの格子定数の差は小さく、井戸層143a、143b、143cの結晶性の悪化は抑えられる。

【0073】また、この第3実施例の構成では、第1光ガイド層141Aと井戸層143aとの間に位置するバリア層、井戸層143cと第2光ガイド層141Bとの間に位置するバリア層が夫々下側から順に、第2バリア層144、第1バリア層142aの2層構造、第2バリア層144c、第1バリア層142bの2層構造により構成されており、井戸層143aと井戸層143bとの間のバリア層、井戸層143bと井戸層143cとの間のバリア層と同様の構成であるため、エネルギーバンドのバランスが良好となる。

【0074】また、第1バリア層142a、142b、142cの厚みは、前記井戸層143a、143b、143cの厚みの1~4倍の範囲内にあり、Al組成の少ない第1バリア層により十分な障壁作用が得られ、その分、第2バリア層144a、144b、144cの厚みを1nmと薄くすることが出来、第2バリア層144

a、144b、144cのAl組成を0.10と大きくしている。

【0075】尚、上述の第3実施例において、第1、第2バリア層のAlの組成比を大きくすれば、第1、第2バリア層からのIn、Nの脱離は一層抑制されるが、発光層中のAlの組成比は大きくなり過ぎると、発光層の屈折率が小さくなり過ぎて、レーザ発振に必要な光閉じ込め作用が得られなくなるため、第1、第2バリア層のAl組成比はクラッド層の屈折率及び発光層の各層の厚みを考慮して設定する必要がある。また、井戸層の厚みは1~15nmに設定すればよく、バリア層の厚みは1~5倍程度に設定すればよい。また、井戸層の厚みは1~15nmに設定すればよく、光ガイド層と井戸層との間の第1、第2バリア層の合計の厚み、及び各井戸層間の第1、第2バリア層の合計の厚みは、井戸層の1~5倍程度に設定すればよい。

【0076】また、第3実施例の発光素子では、井戸層143aよりもp-クラッド層8側の第2バリア層144a、井戸層143bよりもp-クラッド層8側の第2バリア層144b、井戸層143cよりもp-クラッド層8側の第2バリア層144cが夫々Alを含有するため、図7に示すように、バンドギャップが大きくなる。このため、井戸層143a、143b、143cに注入された電子が第2バリア層144a、144b、144cを乗り越えて、p-クラッド層8側の漏れることが抑制される。しかも、第3実施例では、第2バリア層144a、144b、144cのAlの組成比が第2実施例よりも大きいため、第2バリア層144a、144b、144cのバンドギャップは第2実施例よりも大きくなり、上述の電子の漏れを抑制する効果は第2実施例よりも一層大きい。

【0077】また、井戸層の下側で接する第1バリア層と、井戸層の上側で接する第2バリア層との厚みを異ならせることは、井戸層の数が1の場合の半導体レーザにおいても、効果的である。

【0078】また、上述の第1~第3実施例では、本発明をリッジ導波型の半導体レーザに用いた場合について説明したが、本発明はそれ以外の構造、例えば、図8に示すようなセルフアライン構造の半導体レーザに用いてもよい。

【0079】図8において、21はサファイア基板であり、サファイア基板21のc面上には、MOCVD法により、アンドープの $i\text{-Al}_{0.05}\text{Ga}_{0.95}\text{N}$ からなる厚さ300Åのバッファ層22、厚さ2μmのアンドープの $i\text{-Ga}_0.95\text{N}$ 層23、厚さ3μmのSiドープの $n\text{-Ga}_0.95\text{N}$ 層24、Siドープの $n\text{-In}_{0.05}\text{Ga}_{0.95}\text{N}$ からなる厚さ0.1μmのn-クラッド防止層25、Siドープの $n\text{-Al}_{0.05}\text{Ga}_{0.95}\text{N}$ からなる厚さ0.7μmのn-クラッド層26、後述する量子井戸構造の発光層27、Mgドープの $p\text{-Al}_{0.05}\text{Ga}_{0.95}\text{N}$ からなる厚さ

0.2  $\mu\text{m}$ の第1 p-クラッド層28、Siドープのn-Al<sub>0.1</sub>Ga<sub>0.9</sub>Nからなる厚さ0.5  $\mu\text{m}$ のn-電流ブロック層29、Mgドープのp-Al<sub>0.1</sub>Ga<sub>0.9</sub>Nからなる厚さ0.5  $\mu\text{m}$ の第2 p-クラッド層30、Mgドープのp-GaNからなる厚さ0.2  $\mu\text{m}$ のp-コンタクト層31が順に積層された半導体ウエハが構成されている。尚、電流ブロック層29は電流通路となる部分がエッチングにより除去されている。また、この半導体ウエハには、反応性イオンエッチング又は反応性イオンビームエッチングによりn-GaN層24の所定の深さまで除去されて電極形成面32が形成されている。p-コンタクト層31の上面にはp-電極33が形成され、n-クラッド層24の電極形成面32にはn-電極34が形成されている。

【0080】発光層27は、上述の第1～第3実施例の場合と同様の量子井戸構造の発光層である。

【0081】また、上述の実施例では、井戸層がInGa<sub>0.1</sub>Nからなり、バリア層がInGa<sub>0.1</sub>Al<sub>0.9</sub>Nからなるものについて説明したが、B等の他の元素を含んでもよい。

【0082】また、上述の実施例では、バリア層にAlを含有させた構造であるが、Alに代えてBを含有させた構造でもよい。以下に、その実施例である第4実施例～第6実施例について説明する。

【0083】先ず、第4実施例の半導体レーザ装置は、上述の第1実施例において、バリア層にAlに代えてBを含有させた実施例である、図9は第4実施例の半導体レーザ装置の要部を示す断面図であり、第1実施例の図2に対応する図面である。

【0084】この第4実施例では、発光層14は、下側（サファイア基板1側）より順にSiドープのn-GaNからなる厚さ0.1  $\mu\text{m}$ の第1ガイド層141A、Siドープのn-In<sub>0.05</sub>Ga<sub>0.95</sub>B<sub>0.05</sub>Nからなる厚さ6 nmの第1バリア層142'、Siドープのn-In<sub>0.05</sub>Ga<sub>0.95</sub>Nからなる厚さ3 nmの井戸層143'、Siドープのn-In<sub>0.05</sub>Ga<sub>0.95</sub>B<sub>0.05</sub>Nからなる厚さ6 nmの第2バリア層144'、Mgドープのp-GaNからなる厚さ0.1  $\mu\text{m}$ の第2ガイド層141Bが順に積層された井戸層の数が1である量子井戸構造である。

【0085】この第4実施例の場合においても、井戸層143がBを含有する第1、第2バリア層142'、144'により挟まれているので、井戸層143はIn、N等の構成原子が第2バリア層144'を通過して脱離することが抑制され、しかも井戸層143はバリア層142'上に形成されるため、結晶性の劣化が抑えられる。

【0086】また、井戸層143の上面に形成される第2バリア層144'の方が井戸層143の下面側の第1バリア層142'よりもBの組成比が大きくなっており、第2バリア層144'からのIn、N等の構成原子の脱離が一層抑えられているため、井戸層143から

n、N等の構成原子が第2バリア層144'を通過して脱離することが一層抑制される。

【0087】しかも、井戸層143'の下地となる第1バリア層142'は、第2バリア層144'よりも、Bの組成比が小さいため、その上に形成される井戸層143'との格子定数の差は小さく、井戸層143'の結晶性の悪化は抑えられる。

【0088】また、BはAlよりもNとの結合力が強いので、第1実施例よりも第1、第2バリア層142'、144'からのIn、N等の構成原子の脱離が抑制される。

【0089】また、井戸層143'よりもp-クラッド層8側の第2バリア層144'がBを含有するため、図3に示すように、バンドギャップが大きくなる。このため、井戸層143'に注入された電子が第2バリア層144'を乗り越えて、p-クラッド層8側の漏れることが抑制される。

【0090】次に、第5実施例の半導体レーザ装置は、上述の第2実施例において、バリア層にAlに代えてBを含有させた実施例である、図10は第5実施例の半導体レーザ装置の要部を示す断面図であり、第2実施例の図4に対応する図面である。

【0091】この第5実施例では、発光層14'は、下側（サファイア基板1側）より、第1ガイド層141A、第1バリア層142a'、井戸層143a、第2バリア層144a'、第1バリア層142b'、井戸層143b'、第2バリア層144b'、第1バリア層142c'、井戸層143c'、第2バリア層144c'、及び第2ガイド層141Bが順に積層形成された構成である。第1バリア層142a'、142b'、142c'はSiドープのn-In<sub>0.05</sub>Ga<sub>0.95</sub>B<sub>0.05</sub>Nからなる厚さ3 nmの層であり、井戸層143a、143b、143cはSiドープのn-In<sub>0.05</sub>Ga<sub>0.95</sub>Nからなる厚さ3 nmの層、第2バリア層144a'、144b'、144c'はSiドープのn-In<sub>0.05</sub>Ga<sub>0.95</sub>B<sub>0.05</sub>Nからなる厚さ3 nmの層である。

【0092】この第5実施例の場合においても、全ての井戸層143a'、143b'、143c'が、Bを含有するバリア層により挟まれているので、第4実施例と同様に、各井戸層143a'、143b'、143c'はIn、N等の構成原子が第2バリア層を通過して脱離することは抑制され、しかも結晶性の劣化も抑えられる。

【0093】また、井戸層143a'と井戸層143b'の間、及び井戸層143b'と井戸層143c'の間のバリア層は夫々、下側から第2バリア層144a'、第1バリア層142b'の2層構造、下側から第2バリア層144b'、第1バリア層142c'の2層構造により構成されている。このため、全ての井戸層143a、143b、143cが、井戸層の上面に形成される第2バリア層の方が井戸層の下面側の第1バリア層



よりもBの組成比が大きくなっており、全ての井戸層143a、143b、143cにおいてIn、N等の構成原子が第2バリア層を通して脱離することが一層抑制される。

【0094】しかも、井戸層143a'、143b'、143c'の下地となる第1バリア層142a'、142b'、142c'は、第2バリア層144a'、144b'、144c'よりも、Bの組成比が小さいため、その上に形成される井戸層143'との格子定数の差は小さく、井戸層143'の結晶性の悪化は抑えられる。

【0095】また、BはAlよりもNとの結合力が強いいため、第2実施例よりも第1バリア層142a'、142b'、142c'、及び第2バリア層144a'、144b'、144c'からのIn、N等の構成原子の脱離が抑制される。

【0096】また、井戸層143a'よりもp-クラッド層8側の第2バリア層144a'、井戸層143b'よりもp-クラッド層8側の第2バリア層144b'、井戸層143c'よりもp-クラッド層8側の第2バリア層144c'が夫々Bを含有するため、バンドギャップが大きくなる。このため、井戸層143a'、143b'、143c'に注入された電子が第2バリア層144a'、144b'、144c'を乗り越えて、p-クラッド層8側の漏れることが抑制される。

【0097】次に、第6実施例の半導体レーザ装置は、上述の第3実施例において、バリア層にAlに代えてBを含有させた実施例である、図11は第6実施例の半導体レーザ装置の要部を示す断面図であり、第3実施例の図6に対応する図面である。

【0098】この第6実施例では、発光層14'は、下側(サファイア基板1側)より、第1ガイド層141A、第2バリア層144'、第1バリア層142a'、井戸層143a、第2バリア層144a'、第1バリア層142b'、井戸層143b、第2バリア層144b'、第1バリア層142c'、井戸層143c、第2バリア層144c'、第1バリア層142'、及び第2ガイド層141Bが順に積層形成された構成である。第1バリア層142a'、142b'、142c'はSiドープの $n\text{-In}_{0.13}\text{Ga}_{0.87}\text{B}_{0.01}\text{N}$ からなる厚さ5nmの層であり、井戸層143a、143b、143cはSiドープの $n\text{-In}_{0.13}\text{Ga}_{0.87}\text{N}$ からなる厚さ3nmの層、第2バリア層144'、第2バリア層144a'、144b'、144c'はSiドープの $n\text{-In}_{0.13}\text{Ga}_{0.87}\text{B}_{0.01}\text{N}$ からなる厚さ1nmの層である。

【0099】この第6実施例の場合、井戸層143a、143b、143cの上面に接する第2バリア層144a'、144b'、144c'の方が、井戸層143a、143b、143cの下面に接する第1バリア層142a'、142b'、142c'よりも厚みを薄くし、第1バリア層と第2バリア層との合計の厚みが、上

述の第7実施例の場合と同じになるように構成されている。即ち、この構成では、井戸層143a、143b、143cの上面に接する第2バリア層144a'、144b'、144c'の厚みが薄くなるため、該第2バリア層144a'、144b'、144c'におけるBの組成比を0.05と大きくすることが可能となり、より一層、第2バリア層144a'、144b'、144c'からの構成原子の脱離を抑制することが出来、井戸層のIn、N等の構成原子が第2バリア層を通して脱離することが一層抑制される。

【0100】しかも、井戸層143a'、143b'、143c'の下地となる第1バリア層142a'、142b'、142c'は、第2バリア層144a'、144b'、144c'よりも、Bの組成比が小さく、その上に形成される井戸層143'との格子定数の差も小さくなり、井戸層143'の結晶性の悪化は抑えられる。

【0101】また、BはAlよりもNとの結合力が強いいため、第4実施例よりも第1バリア層142a'、142b'、142c'、142'、及び第2バリア層144a'、144b'、144c'からのIn、N等の構成原子の脱離が抑制される。

【0102】また、この第6実施例の構成では、第1光ガイド層141Aと井戸層143aとの間に位置するバリア層、井戸層143cと第2光ガイド層141Bとの間に位置するバリア層が夫々下側から順に、第2バリア層144'、第1バリア層142a'の2層構造、第2バリア層144c'、第1バリア層142'の2層構造により構成されており、井戸層143a'と井戸層143b'との間のバリア層、井戸層143b'と井戸層143c'との間のバリア層と同様の構成であるため、エネルギーバンドのバランスが良好である。

【0103】また、第1バリア層142a'、142b'、142c'の厚みは、前記井戸層143a'、143b'、143c'の厚みの1~4倍の範囲内にあり、B組成の少ない第1バリア層により十分な障壁作用が得られ、その分、第2バリア層144a'、144b'、144c'の厚みを1nmと薄くすることが出来、第2バリア層144a'、144b'、144c'のB組成を0.05と大きくしている。

【0104】尚、上述の第6実施例において、第1、第2バリア層のBの組成比を大きくすれば、第1、第2バリア層からのIn、Nの脱離は一層抑制されるが、発光層中のBの組成比は大きくなり過ぎると、発光層の屈折率が小さくなり過ぎて、レーザ発振に必要な光閉じ込め作用が得られなくなるため、第1、第2バリア層のB組成比はクラッド層の屈折率及び発光層の各層の厚みを考慮して設定する必要がある。また、井戸層の厚みは1~15nmに設定すればよく、バリア層の厚みは1~5倍程度に設定すればよい。また、井戸層の厚みは1~15nmに設定すればよく、光ガイド層と井戸層との間の第

1、第2バリア層の合計の厚み、及び各井戸層間の第1、第2バリア層の合計の厚みは、井戸層の1～5倍程度に設定すればよい。

【0105】また、第6実施例の発光素子では、井戸層143a'よりもp-クラッド層8側の第2バリア層144a'、井戸層143b'よりもp-クラッド層8側の第2バリア層144b'、井戸層143c'よりもp-クラッド層8側の第2バリア層144c'が夫々Bを含有するため、バンドギャップが大きくなる。このため、井戸層143a'、143b'、143c'に注入された電子が第2バリア層144a'、144b'、144c'を乗り越えて、p-クラッド層8側の漏れることが抑制される。しかも、第3実施例では、第2バリア層144a'、144b'、144c'のBの組成比が第2実施例よりも大きいため、第2バリア層144a'、144b'、144c'のバンドギャップは第2実施例よりも大きくなり、上述の電子の漏れを抑制する効果は第2実施例よりも一層大きい。

【0106】また、第4～第6実施例についても、リッジ導波型の半導体レーザに代えて、セルフアライン構造の半導体レーザに用いても良いことは当然である。

【0107】また、上述の第1～第6実施例では、基板材料としてサファイア基板を用いたが、SiCやスピネル等の他の材料で構成してもよい。また、本発明は、半導体レーザ以外にも発光ダイオード等の他の発光素子にも適用可能である。

【0108】尚、この実施の形態では、n型をn-、p型をp-と記載している。

【0109】

【発明の効果】本発明によれば、発光層が量子井戸構造であっても、発光層中におけるIn、N等の構成原子の脱離が抑制され、結晶性の劣化が少なく、しかも良好な発光が可能な発光素子及びその製造方法を提供し得る。

【0110】また、本発明によれば、発光層からp型の半導体層側に電子が漏れることが抑制され、発光効率が向上した発光素子を提供し得る。

\*【図面の簡単な説明】

【図1】本発明を用いたリッジ導波型の半導体レーザ装置の全体構成を示す断面図である。

【図2】本発明の第1実施例の半導体レーザ装置における発光層の構成を示す断面図である。

【図3】本発明の第1実施例の半導体レーザ装置における発光層のエネルギーバンドの構成を示す図である。

【図4】本発明の第2実施例の半導体レーザ装置における発光層の構成を示す断面図である。

【図5】本発明の第2実施例の半導体レーザ装置における発光層のエネルギーバンドの構成を示す図である。

【図6】本発明の第3実施例の半導体レーザ装置における発光層の構成を示す断面図である。

【図7】本発明の第3実施例の半導体レーザ装置における発光層のエネルギーバンドの構成を示す図である。

【図8】本発明を用いたセルフアライン構造の半導体レーザ装置の構成を示す断面図である。

【図9】本発明の第4実施例の半導体レーザ装置における発光層の構成を示す断面図である。

【図10】本発明の第5実施例の半導体レーザ装置における発光層の構成を示す断面図である。

【図11】本発明の第6実施例の半導体レーザ装置における発光層の構成を示す断面図である。

【符合の説明】

1 サファイア基板

14 発光層

142、142a、142b、142c 第1バリア層

143、143a、143b、143c 井戸層

144、144a、144b、144c 第2バリア層

27 発光層

14' 発光層

142'、142a'、142b'、142c' 第1バリア層

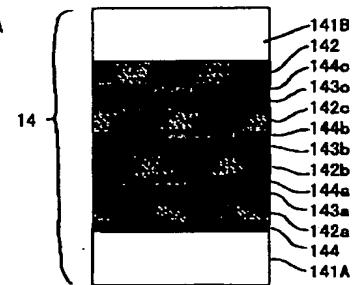
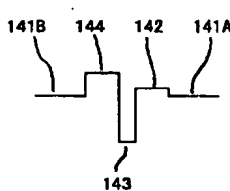
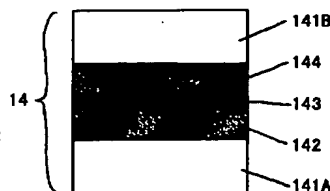
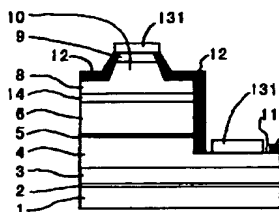
144'、144a'、144b'、144c' 第2バリア層

【図1】

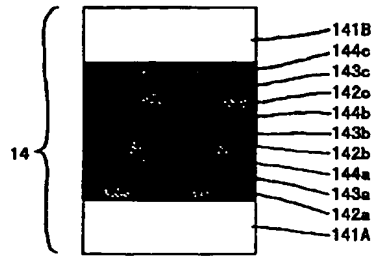
【図2】

【図3】

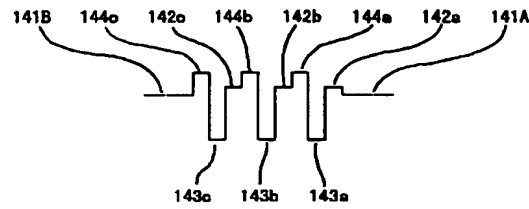
【図6】



【図4】

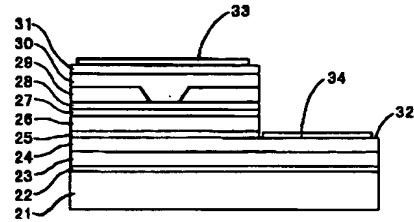
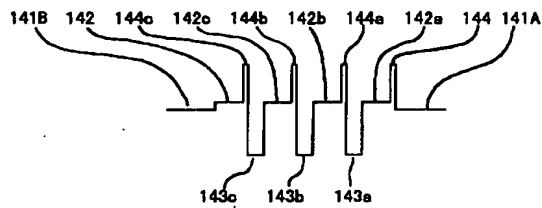


【図5】



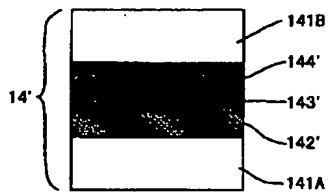
【図8】

【図7】

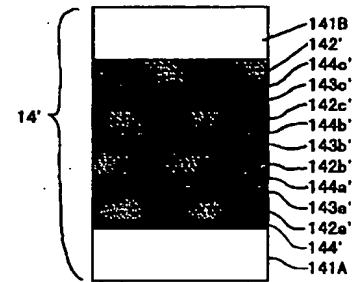
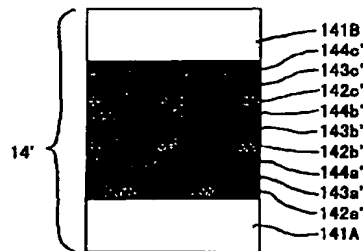


【図11】

【図9】



【図10】



フロントページの続き

Fターム(参考) 5F041 AA03 CA04 CA05 CA34 CA40  
CA46 CA65 FF16  
5F073 AA13 AA20 AA45 AA51 AA73  
AA74 BA06 CA07 CB05 EA23

BEST AVAILABLE COPY